

Geräte und Meßeinrichtungen zur Durchführung und Auswertung von Pflugversuchen

Institut für landtechnische Grundlagenforschung, Braunschweig-Völkenrode

Im Institut für landtechnische Grundlagenforschung wurde in den letzten Jahren ein Forschungsvorhaben über das Pflügen mit höherer Geschwindigkeit und die Anpassung von Streichblechformen an höhere Pfluggeschwindigkeiten durchgeführt¹⁾ [1; 2]. Dieses Vorhaben machte eine große Anzahl von Feldversuchen notwendig, zu deren Durchführung und Auswertung die im folgenden beschriebenen Geräte und Meßeinrichtungen entwickelt wurden.

Einkomponenten-Anbaupflug

Für die den Untersuchungen zugrunde liegenden Fragestellungen war es im allgemeinen ausreichend, anstelle aller Kraftkomponenten nur die Längskraft am Pflug, das heißt den Pflugwiderstand, zu messen. Es wurde daher der in Bild 1 dargestellte Einkomponentenpflug als Anbaupflug zur Dreipunktaufhängung gebaut. Das Grindel des Pflugkörpers wird am Träger (Bild 2) angeschraubt. Dieser Träger ist mit zwei Federplatten so im Gehäuse aufgehängt, daß die Platten fünf von den sechs Freiheitsgraden entsprechend drei Momenten- und zwei Kraftkomponenten übernehmen. Der Träger kann nur in Längsrichtung als Folge der Längskraft geringfügig ausweichen. Die Längskraft wird auf einer hydraulischen Meßdose abgestützt und mit einem Maihak-Indikator registriert. Träger und Gehäuse sind als Leichtbau-Hohlkörperkonstruktionen ausgebildet.

Bei den Messungen wurden für alle untersuchten Pflugkörper der Abstand von der waagerechten Richtebeine bis zum Träger an der Meßeinrichtung gleichgehalten, damit auch die Geometrie der Anlenkung und ihr Einfluß auf Sohlen- und Anlagenkräfte gleich blieb. Die Messungen konnten mit und ohne Scheibensech, be-

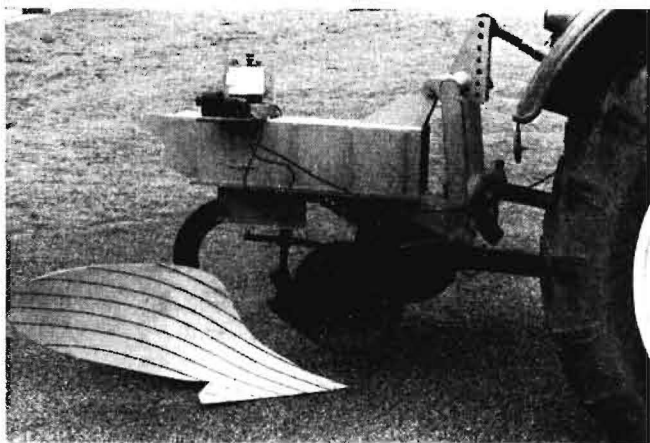


Bild 1: Einkomponenten-Meßpflug

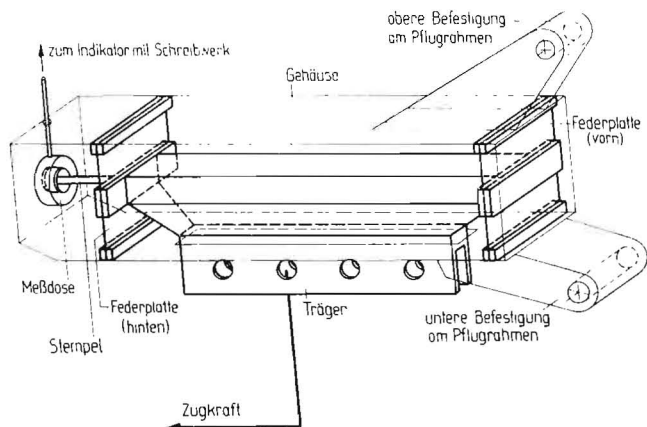


Bild 2: Schema der Meßeinrichtung des Einkomponenten-Meßpfluges

ziehungsweise einem mit Vorschäler kombinierten Scheibensech durchgeführt und die Kräfte des Scheibensechs wahlweise mitgemessen werden. Mit dem Meßpflug lassen sich nach Anbringen eines Furchenrades auch Messungen ohne Anlage und Sohle machen.

Anstelle der gewählten hydraulischen Meßeinrichtung kann man auch eine elektrische Meßeinrichtung verwenden, bei der der Kraftmeßgeber zweckmäßigerweise mit Dehnungsmeßstreifen versehen ist. Für die Zusammenstellung der elektronischen Meßeinrichtungen ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- a) eine gleichspannungsgespeiste Meßbrücke mit Kompensograph zum Registrieren von langsamen Vorgängen bis etwa 1 Hz;
- b) eine gleichspannungsgespeiste Meßbrücke mit Lichtstrahl-oszillograph mit empfindlichen Spulenschwingen oder Gleichspannungsverstärker mit Direktschreiber zur Registrierung von Vorgängen bis etwa 100 Hz;
- c) Meßbrücke mit Trägerfrequenzverstärkern und Lichtstrahl-oszillographen mit entsprechend schnell schwingenden Galvanometern zur Registrierung schneller Vorgänge bis etwa 1000 Hz.

Für die bei Pflugversuchen auftretenden Frequenzen im Kraftverlauf kommen nur die Zusammenstellungen nach b) oder c) in Frage. Grundsätzlich ist folgendes zu sagen:

Häufig benutzte feste Meßeinrichtungen für die ständige Messung gleicher Größen, wie bei dem Einkomponentenpflug, lassen sich im allgemeinen als hydraulische Einrichtungen einfacher aufbauen als elektronische Meßeinrichtungen. Hydraulische Einrichtungen sind weniger störanfällig und verlangen einen geringeren Bedienungsaufwand.

Zur gleichzeitigen oder wahlweisen Messung verschiedener Größen, wie zum Beispiel Kräfte, Drehmomente, Beschleunigungen, Wege, lassen sich praktisch nur elektronische Meßeinrichtungen verwenden.

Auswerteinrichtung

Zur Auswertung der sehr zahlreichen Meßschriebe wurde eine Einrichtung verwendet, die sich auf einem Integraphen²⁾ aufbaut (Bild 3). Mit diesem Gerät muß die registrierte Kurve manuell

¹⁾ Das Forschungsvorhaben wurde dankenswerterweise vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft und der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung im VDMA gefördert

²⁾ Es wurde der Integraph (Typ „Adler-Ott“) der Fa. A. Ott, Kempten/Allgäu, verwendet

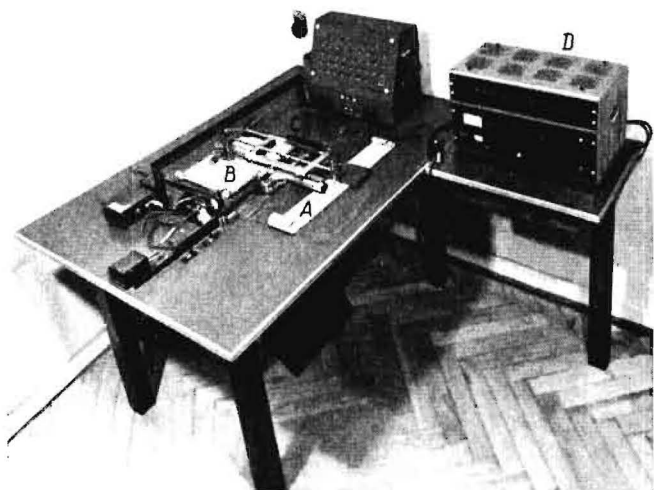


Bild 3: Auswerteinrichtung für Meßschriebe (A) = Meßschrieb; (B) = Integraph; (C) = Linearpotentiometer; (D) = Elektronisches Klassiergerät

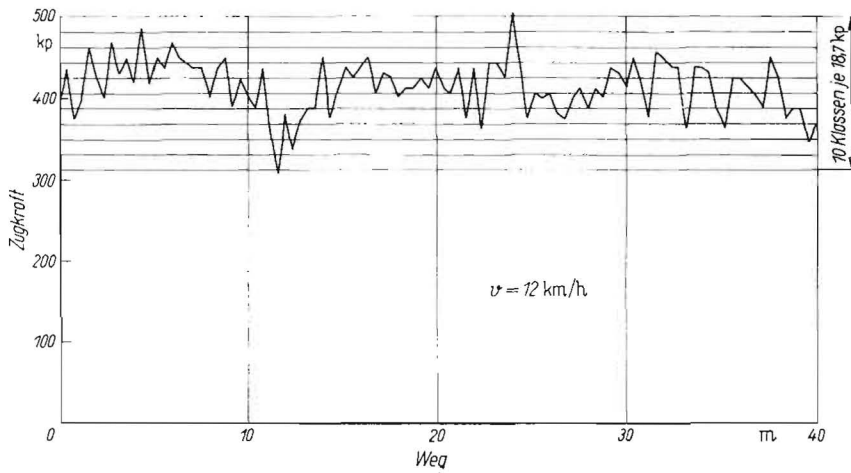


Bild 4: Zugkraftmeßschieb des Versuchspflugkörpers U 3 bei $v = 12 \text{ km/h}$ auf einem sandigen Lehmboden mit eingezeichneten Klassen für die Bestimmung der Häufigkeitsverteilung

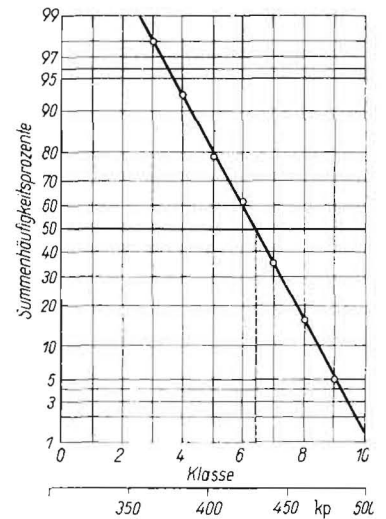


Bild 5: Summenhäufigkeitsverteilung des Beispiel-Meßschiebes in Bild 4

abgetastet werden. Zur Erleichterung für den Auswerter wurde für den Vorschub in Längsrichtung ein regelbarer Elektromotor eingebaut. Durch eine Fußtaste läßt sich die gewünschte Abtastgeschwindigkeit einstellen. Der Auswerter hat somit den Taststift nur noch in Ordinateurichtung zu bewegen. Der Integrator liefert den Wert der Fläche unter der Kurve, und hieraus lassen sich die mittlere Schriebhöhe und die mittlere Kraft leicht errechnen.

Darüber hinaus kann es in manchen Fällen zweckmäßig sein, auch die Häufigkeitsverteilung der Meßwerte zu bestimmen. Zu diesem Zweck ist an den Integrator ein Linearpotentiometer angeschlossen, welches die jeweilige Höhe (Ordinate) der Meßkurve in eine elektrische Spannung umwandelt. Diese Spannung wird in einem elektronischen Klassiergerät und Meßwertspeicher³⁾ in 10 Klassen klassiert. Dabei werden je Zentimeter Schrieblänge eine einstellbare Anzahl von beispielsweise 50 Stichproben genommen. Die einzelnen Klassen müssen so über den Schwankungsbereich der Meßwerte gelegt werden, daß die Mehrzahl der Spitzen und Senken mit erfaßt werden (Bild 4). Die Klassenbreiten können entsprechend den auftretenden Streuungen erweitert oder verengt werden. Das Klassiergerät bestimmt die Summenhäufigkeit der Meßwerte, die im Wahrscheinlichkeitspapier eingetragen werden (Bild 5). Sie ergeben dort eine Gerade, wenn die Meßwerte eine GAUSSsche Häufigkeitsverteilung haben. Aus der Summenhäufigkeitsverteilung läßt sich durch Differenzbildung die absolute Häufigkeitsverteilung sowie der statistische Mittelwert und die Standardabweichung leicht ermitteln (Bild 6).

Die Auswerteeinrichtung wird nicht nur bei den Pflugversuchen, sondern bei zahlreichen anderen Untersuchungen zur Mittelwert- und Häufigkeitsbestimmung von Meßkurven benutzt.

³⁾ Es wurde das Gerät Typ M 120 der Fa. Dr. Masing & Co. verwendet

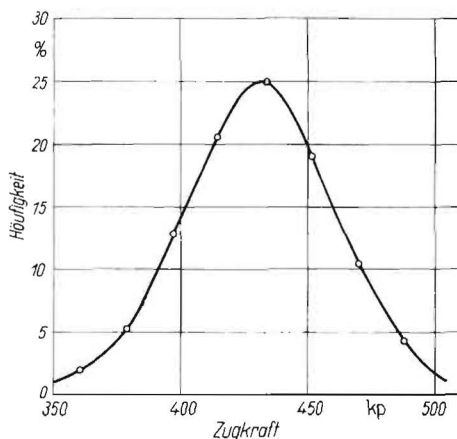


Bild 6: Absolute Häufigkeitsverteilung des Meßschiebes in Bild 4

Furchenprofilschreiber

Beim Schnellpflügen mit herkömmlichen Pflugkörpern, insbesondere mit Kulturformen, wird häufig der Boden zu weit zur Seite und in Fahrtrichtung bewegt und auseinandergezogen. Dieser zu weite Bodentransport wird durch hohe Beschleunigungen auf dem Streichblech beim Schnellpflügen hervorgerufen und ist die Hauptursache für den Anstieg des Pflugwiderstandes mit zunehmender Geschwindigkeit. Das Furchenprofil ist also ein gutes Kriterium für die Eignung eines Pflugkörpers für höhere Geschwindigkeit. Die einzelnen Körper wurden bei jeweils drei bis vier Pfluggeschwindigkeiten zwischen 3 und 12 km/h auf verschiedenen Böden eingesetzt. Um nun bei einer großen Zahl von Körpern die Furchenprofile bei jedem Versuch in mehreren Parallelmessungen in einem geeigneten Verkleinerungsmaßstab schnell aufnehmen zu können, wurde der in den Bildern 7 und 8 dargestellte Profilschreiber konstruiert. Er ist folgendermaßen aufgebaut: Eine Brücke (A) wird quer zur Furche aufgestellt und mit einer Libelle (D) horizontal ausgerichtet. Auf dieser Brücke wird ein Tastgerät (B) verschoben, mit dem das Furchenprofil mit Hilfe einer Tastspitze (C) nachgefahren werden muß. Die Vertikalbewegung des Taststabes wird durch Zahnstangen und zwei Stirnräder im Verhältnis 1:5 untersetzt auf den Schreibstift (E) übertragen. Die Längsbewegung wird durch das Durchmesser Verhältnis der Seilrolle (F) und der von ihr angetriebenen Papiertransportrolle (G) ebenfalls 1:5 untersetzt. Bild 9 zeigt einige Profilaufnahmen bei verschiedener Pfluggeschwindigkeit. Fünf Parallelschriebe können von zwei Personen in etwa fünf Minuten aufgenommen werden.

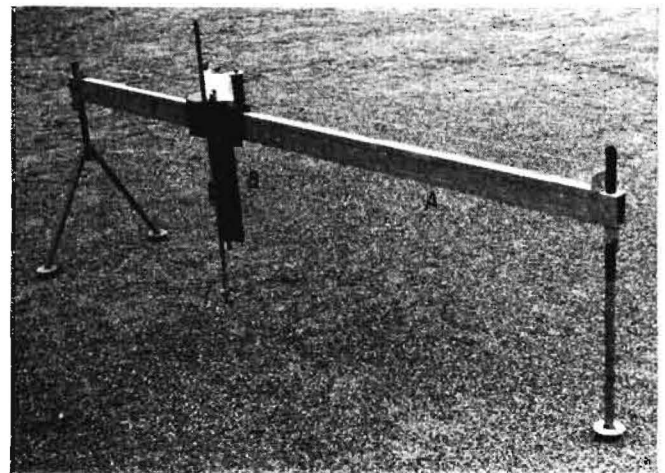


Bild 7: Furchenprofilschreiber

(A) = Brücke; (B) = Tastgerät; (C) = Tastspitze;
Brücklänge = 2350 mm; max. Meßlänge = 2000 mm;
max. Meßhöhe = 450 mm; Untersetzung $i = 1:5$

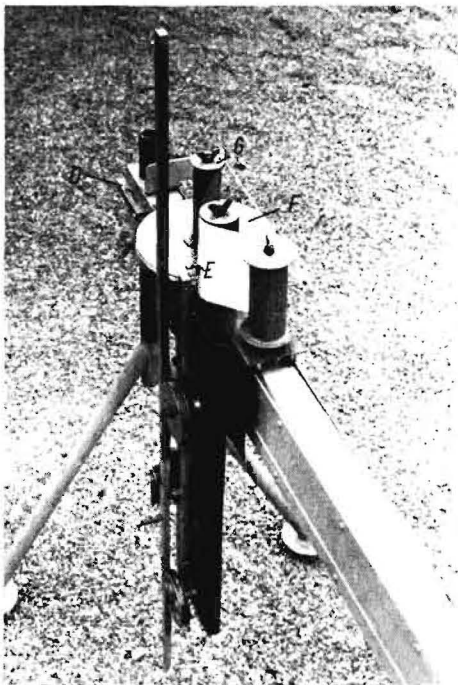


Bild 8: Schreibföhrung zum Furchenprofilschreiber

(D) = Libelle; (E) = Schreibstift; (F) = Seilrolle; (G) = Papiertransportrolle

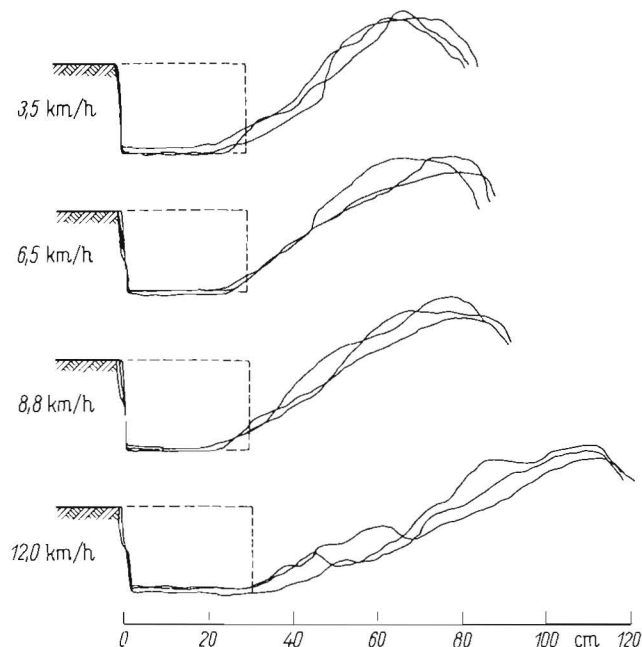


Bild 9: Furchenprofile des Pflugkörpers W 3 bei verschiedenen Geschwindigkeiten

Schollen- und Krümelsiebapparat

Eine gute Krümelung des Ackers ist besonders beim Pflügen zur Saatbettvorbereitung erwünscht, um mit wenig Nacharbeitserfolgen auszukommen. Will man den Arbeitserfolg, soweit er in der Krümelung zum Ausdruck kommt, von verschiedenen Geräten, etwa verschiedenen Pflugkörperformen, bei verschiedener Geschwindigkeit miteinander vergleichen, so ist es wünschenswert, sich nicht allein auf den Augenschein zu verlassen, sondern eine Schollen- und Krümelsiebanalyse zu machen. Ausgehend von einem älteren Gerät [3] wurde daher ein verbesserter Schollen- und Krümelsiebapparat entworfen (Bilder 10 und 11), mit dem sich erheblich größere Mengen gepflügten Bodens in kürzerer Zeit klassieren lassen. Das Gerät besteht aus einem Siebsatz mit den Siebgrößen 80; 40; 20; 10; 5 und 2,5 mm Durchmesser. Schollengrößen über 160 mm und über 320 mm müssen gegebenenfalls von Hand ausgelesen werden. Die Siebe werden nacheinander mit etwa 120 Schwingungen/min bei einer Schwingungswerte von 6 cm von einem Elektromotor angetrieben, der von der Schlepperbatterie gespeist wird.

Das schwierige Problem beim Sieben von Ackerboden besteht in der Wahl der günstigsten Siebdauer für jede Sieblochgröße. Die Dauer hängt vom Sieblochdurchmesser, der Schichthöhe auf dem Sieb und der Zerfallsneigung und dem Abrieb des Bodens ab.

Schon bei Beginn des Siebens zerfallen die beim Pflügen bereits angebrochenen und nur noch lose zusammenhängenden Aggregate. Bei längerer Siebdauer werden aber auch fester zusammenhängende Aggregate zerstört; gleichzeitig erfolgt ein gewisser Abrieb der auf dem Sieb verbleibenden Bodensubstanz. Im Gegensatz zur Klassierung fester zusammenhängender Stoffe, wie zum Beispiel Steinkohle, darf das Sieben also nicht so lange andauern, bis eine vollständige Klassierung erreicht ist, sondern es muß ein Kompromiß gesucht werden, der darauf abzielt, den Fehler durch noch nicht ganz abgeschlossenes Sieben und durch Schollenzerfall und Abrieb möglichst klein zu halten. Im allgemeinen können Schollen- und Krümelsiebanalysen auch nur bei sehr trockenen und bindigen Böden gemacht werden. Bei Sandböden sind sie nicht möglich, aber auch nicht unbedingt erforderlich.

Bei einem trockenen, humosen, tonigen Lehm Boden erwiesen sich vergleichsweise folgende Siebzeiten als zweckmäßig:

40 mm Sieb	10 s	10 mm Sieb	20 s	2,5 mm Sieb	120 s
20 mm Sieb	15 s	5 mm Sieb	40 s		

In [3] sind Angaben über die Entnahme des Bodens und die erforderliche Bodenmenge gemacht. Es kann zweckmäßig sein, den Boden mit in die Furchen gelegten Planen zu entnehmen, vorsichtig auszubreiten und einige Stunden trocknen zu lassen oder

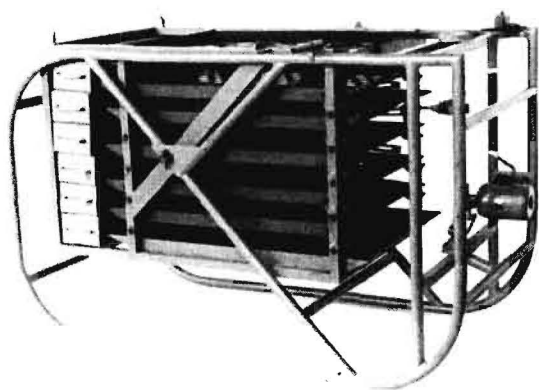


Bild 10: Schollen- und Krümelsiebapparat

Siebabmessungen: 590 x 760 mm; Sieblochdurchmesser: 80—40—20—10—5—2,5 mm; Schwingungswerte: 60 mm; Siebfrequenz: 120/min; Antrieb: Gleichstrommotor 12 Volt, 100 Watt

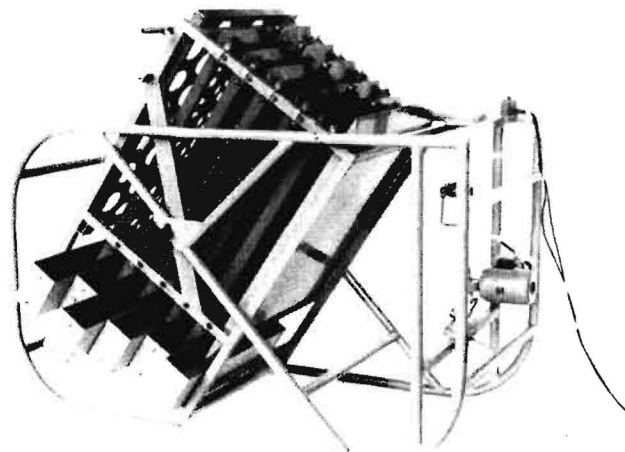


Bild 11: Siebsatz geklippt

ihm auch in großvolumigen Stechzylindern zu entnehmen und im Laboratorium vor dem Sieben zu trocknen.

Das Ergebnis einer Siebanalyse mit verschiedenen Pflugkörpern bei zwei verschiedenen Arbeitsgeschwindigkeiten auf einem humosen, tonigen Lehmboden zeigt Bild 12. Solche Ergebnisse sind in erster Linie als Vergleichswerte anzusehen.

In diesem Bericht konnte nur eine Auswahl der bei Pflugversuchen erforderlichen Geräte und Methoden beschrieben werden. Eine Einrichtung zur Aufnahme der Pflugkörperform mit Hilfe des sogenannten Lichtschnittverfahrens ist in [1] behandelt. Hiermit können ohne umständliches mechanisches Abtasten die vertikalen und horizontalen Formlinien auf Streichblechen in drei bis vier Ansichten aufgenommen werden. Auch die durch Ritzkurven auf einem mit einer Lackschicht versehenen Pflugkörper gewonnenen Bahnkurven des Bodens auf dem Streichblech werden mit dieser Einrichtung in drei bis vier Ansichten aufgenommen.

Sehr gründliche Untersuchungen zur ackerbaulichen Beurteilung von Bodenbearbeitungsgeräten liegen von FRESE [4] und FEUERLEIN [5; 6] vor.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Aufsatz wird über Versuche beim Pflügen mit höheren Geschwindigkeiten berichtet. Bei der Durchführung und Auswertung wurden eine Reihe von Meßeinrichtungen und Geräten entwickelt, von denen eine Auswahl beschrieben wird. Im einzelnen werden erläutert: ein Einkomponenten-Anbaupflug mit hydraulischer Meß- und Registrierereinrichtung für die Längskraft am Pflugkörper; eine Einrichtung zur Auswertung von Meßschrieben, bestehend aus einem Integraphen in Verbindung mit einem elektronischen Klassiergerät mit Meßwertspeicher zur Bestimmung der Mittelwerte und Häufigkeitsverteilung von Meßwerten; ein Furchenprofilschreiber; ein Schollen- und Krümelsiebapparat.

Außer der Beschreibung dieser Geräte und Meßeinrichtungen werden die bei ihrer Entwicklung und Anwendung auftretenden Probleme erörtert.

Schrifttum

- [1] SÖHNE, W.: Untersuchungen über die Form von Pflugkörpern bei erhöhter Fahrgeschwindigkeit. In: 16./17. Konstrukteurheft, Düsseldorf VDI-Verlag 1959 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 11), S. 22—39
- [2] SÖHNE, W.: Anpassung der Pflugkörperform an höhere Fahrgeschwindigkeiten. In: 18. Konstrukteurheft, Düsseldorf VDI-Verlag 1960 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 12), S. 51—62
- [3] SÖHNE, W.: Krümel- und Schollensiebanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Güte der Bodenbearbeitung. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 79—81
- [4] FRESE, H.: Ansichten für eine exakte Beurteilung des Arbeitserfolges von Bodenbearbeitungsgeräten. In: 13. Konstrukteurheft, Düsseldorf VDI-Verlag 1956 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 7), S. 5—10
- [5] FEUERLEIN, W.: Die Pflugarbeit und ihre Beurteilung. In: 18. Konstrukteurheft (1. Teil), Düsseldorf VDI-Verlag 1960 (Grundlagen der Landtechnik, Heft 12), S. 44—50
- [6] FEUERLEIN, W.: World Plowing Organisation Official Handbook 1961. Verlag Cerele National des Jeunes Agriculteurs, Paris 1961, S. 77—84

Résumé

Walter Söhne, Rudolf Möller und Rolf Bruer: "Equipment and Metering Instruments for Use in Ploughing Tests and the Evaluation of the Results thereby attained."

This article deals with tests made on ploughing at higher speeds. A series of metering instruments and methods were developed during the course of these tests and a number of these are described, such as a single-component plough with hydraulic metering and recording equipment for the measurement of longitudinal forces in the body of the plough. The following are also described: — a special device for evaluation of recorded measurements, which consists of a recording integrator connected to an electronic classifier and storing device, whereby mean values and frequency distribution of recorded measurements can be determined. A device for determining and recording the shape of furrows and sieving equipment for soil clods are also described.

In addition to describing these metering instruments and methods, the article also deals with some of the problems encountered during the development of this equipment.

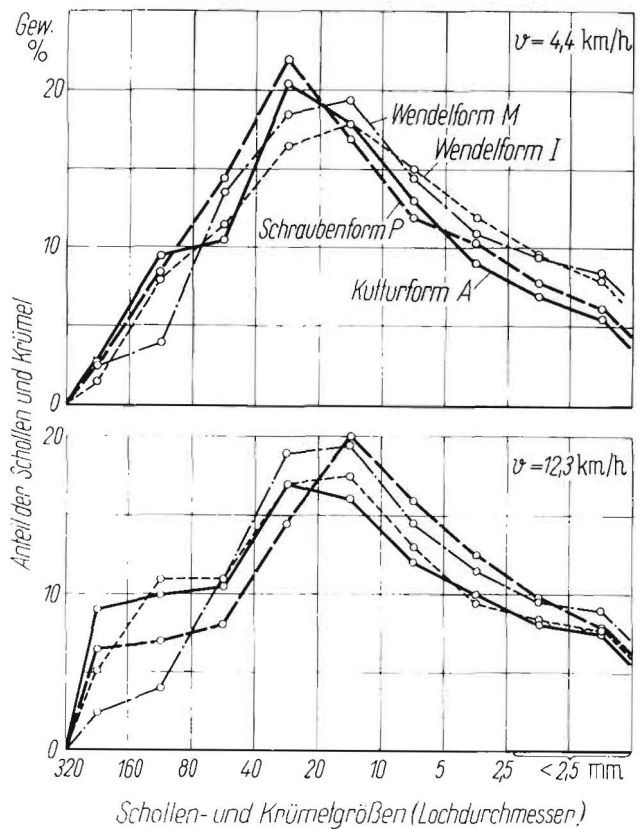


Bild 12: Schollen- und Krümelsiebanalyse nach dem Pflügen mit verschiedenen Pflugkörperformen bei zwei Geschwindigkeiten auf humosem, tonigem Lehm

Walter Söhne, Rudolf Möller et Rolf Bruer: «Appareils et dispositifs de mesure pour l'exécution et l'interprétation d'essais de labour.»

L'article présente des informations sur des essais de labour à de vitesses élevées. Pour l'exécution des essais et l'interprétation des résultats, on a construit un certain nombre de dispositifs et d'appareils de mesure et d'essais dont certains ont été décrits comme par exemple la charrue portée à une composante pourvue de dispositifs de mesure et d'enregistrement hydrauliques destinés à déterminer la force longitudinale agissant sur le corps de charrue, un appareil pour l'interprétation des mesures enregistrées constitué par un intégrateur relié à un appareil de classement électronique à mémoire pour la détermination de valeurs moyennes et de la fréquence de valeurs, un enregistreur du profil de raies, un appareil tamiseur de molles et de milles.

La description de ces appareils et dispositifs de mesure est accompagnée de l'exposition des problèmes que d'on a dû résoudre lors de leur étude et de leur utilisation.

Walter Söhne, Rudolf Möller y Rolf Bruer: «Dispositivos e instrumentos de medición para la ejecución de ensayos de arados y para su evaluación.»

En este artículo se dan informes sobre el arado a velocidades crecidas. Para su ejecución y evaluación se han construido algunos dispositivos e instrumentos de los que aquí se describen los más importantes; un arado montado, de una componente, con instalación de medición y de registro hidráulicos; un dispositivo para la evaluación de hojas de medición, compuesto de un integrador, combinado con un instrumento de clasificación electrónico con acumulación de los valores, para poder determinar los valores medidos y las frecuencias; un registrador del perfil del surco; un aparato de cribar grumos y terrones.

Se trata además de los problemas que se originan en el desarrollo y en el empleo de estos dispositivos e instrumentos.

Im Beitrag „Zahlenmäßige Festlegung von Schleppergrößenklassen“ („Landtechnische Forschung“ Heft 1/1962, Seite 26) ist aus Versehen ein K statt des richtigen α gesetzt worden. Wir bitten das Versehen zu entschuldigen.